

## 明細書

## ホログラム記録用 2 次元変調方法及びホログラム装置

5 技術分野

本発明は光ディスク、光カードなどの光学的に情報記録又は情報再生が行われるホログラム記録担体及びホログラム装置、特にホログラム記録用 2 次元変調方法に関する。

背景技術

- 10 高密度情報記録のために、2 次元データを高密度記録できるホログラムが注目されている。このホログラムの特徴は、記録情報を担持する光の波面を、光感応材料からなるホログラム記録媒体に体積的に屈折率の変化として記録することにある。

- 従来、ホログラフィーの原理を応用したデジタル記録システムとして、例えば、  
15 ば、ニオブ酸リチウムなどのフォトリフラクティブ結晶の記録媒体に明暗のドットパターンデータを記録、再生するものがある。ホログラフィックメモリシステムにおいては、2 次元平面のページ単位でデータを記録、再生することができ、かつ複数のページを利用して多重記録が可能である。フーリエ変換ホログラムの  
1 種類である記録媒体では、2 次元の画像ページ単位として記録媒体の 3 次元  
20 な空間内に分散されて記録される。以下に、記録再生システムの概要を説明する。

図 1 において、エンコード 25 は、記録媒体 1 に記録すべきデジタルデータを平面上に明暗のドットパターン画像として変換し、例えば縦 480 ビット×横 6

40ビットのデータ配列に並べ替えて2次元ページデータを生成する。このデータを例えば透過型の液晶表示装置（Liquid Crystal Display : LCD）のパネルなどの空間光変調器（Spatial Light Modulator : SLM）12に送出する。

空間光変調器12は、単位ページに対応する縦480画素×横640画素の変調処理単位を有し、照射された光をエンコーダ25からのページデータに応じて空間的な光のオンオフ信号に光変調し、信号光としてレンズ13へ導く。

信号光は、レンズ13を介して記録媒体1に入射する。記録媒体1には、信号光の他に、信号光のビーム光軸に直交する所定の基準線から入射角 $\beta$ をもって参照光が入射する。

10 信号光と参照光とは、記録媒体1内で干渉し、この干渉縞が記録媒体1内に屈折率格子として記憶されることにより、データの記録が行われる。また、入射角 $\beta$ を変えて参照光を入射させて複数の2次元平面データを角度多重記録することにより、多くの情報量の記録が可能となる。

記録されたデータを記録媒体1から再生する場合には、記録媒体1に屈折率格子に記録時と同じ入射角 $\beta$ で参照光のみを記録媒体1に入射させる。即ち、記録時とは異なり、信号光は入射させない。これにより、記録媒体1内に記録されている屈折率格子からの回折光がレンズ21を通してCCD（Charge Coupled Device）などの光検出器22へ導かれる。光検出器22は、入射光の明暗を電気信号の強弱に変換し、入射光の輝度に応じたレベルを有するアナログ電気信号をデコーダ26へ出力する。デコーダ26は、このアナログ信号を所定の振幅値（スライスレベル）と比較し、対応する“1”及び“0”のデータを再生する。

従来のホログラム記録用2次元変調方法においては、無変調の可干渉光ビーム

を空間光変調器 1 2 に通過させることによって信号光として記録する情報（ページデータ）を決定する際に、空間光変調器 1 2 の隣接する 4 個もしくは 4 の倍数の画素を一組とし、各組を構成する画素数の 4 分の 1 が光を透過し、その 4 分の 3 は光を遮るようにしたものがある（特開平 9-197947 号公報参照）。

- 5      かかるホログラム記録用 2 次元変調方法による空間光変調器 1 2 の画素の最小パターンは、図 2（a）に示すように、4 つの部分からなり、そのうちただ一つの部分のみ光を透過し、他の 3 つの部分は光を遮る。どの部分が光を透過させるかの場合分けは 4 通りあり、即ち、最小パターンは 2 ビットに相当する。どの部分が光を透過させるかによって 2 ビットを表現するが、図 1 中のビット列は一
- 10   列であり、他の 2 ビット表現も可能である。図 1 において、白抜き画素を“透過”、黒抜き画素を“非透過”としている。

- 複数の“1”及び“0”からなる或るビット列（図 2（b））を記録したい場合、空間光変調器 1 2 上では、例えば図 2（c）のような配置をとる。左上方から右に読み進み、右端に達した時点で左端に移動し、一段（2 画素）下がり、
- 15   再び右に読み進む。空間光変調器 1 2 を透過した光は、レンズで集光され、参照光と共に、記録媒体中で干渉縞をつくり、それが記録される。

#### 発明の開示

- かかる先行技術のホログラム記録用 2 次元変調方法において、新規に記録媒体を記録装置に取りつけた時に記録媒体により発生する空間光変調器から光検出
- 20   器までの間の光学歪や信号像のずれなどを所定の規定値内に収めておかなければならない。

かかる先行技術は、2 次元変調されたブロック（図 2（a））を、単純に 2 次

元的に羅列することにより、2次元変換後のブロック同士を接続することにより、空間変調画像（図2（c））を作成している。

先行技術では、接続したブロックとブロックの境界が明確でないため、再生時に検出位置ずれによるデータ再生性能の劣化が懸念される。検出位置ずれは、光学系の倍率調整ずれ、光軸アライメントのずれや、レンズの収差などによる像の歪みなど、いろいろな要因で発生し、全てをなくすことは不可能である。

したがって、位置ずれが生じた場合、現在復号しようとしているブロックに対して、全ての隣接ブロックの隣接画素が光を遮る暗画素でない限り、隣接ブロックの光を透過させる明画素からの影響を受けて、復号により誤りが生じる。

そこで、本発明の解決しようとする課題には、位置ずれが生じたときの再生性能の劣化が防止でき、安定的に記録又は再生を行うことを可能にするホログラム記録用2次元変調方法及びホログラム装置を提供することが一例として挙げられる。

本発明のホログラム記録用2次元変調方法は、複数の画素が2次元的に配置された空間光変調器を介してページデータを含む可干渉光を生成するホログラム記録用2次元変調方法であって、前記空間光変調器の画素を、各々が隣接する $m$ 画素（ただし $m$ =整数）からなる複数のブロックとなるように区画し、少なくとも前記画素の1個分の幅及び各ブロック内の隣接する画素間の距離を有する幅を有しかつ遮光する境界部を、隣接するブロック間に設けることを特徴とする。

本発明のホログラム装置は、複数の画素が2次元的に配置された空間光変調器を備え、前記空間光変調器を介して記録すべきページデータを含む可干渉光をホログラム記録担体に照射して、該可干渉光による光学干渉パターンを回折格子と

して情報を記録するホログラム装置であって、

前記空間光変調器は、各々が隣接する $m$ 画素（ただし $m$ =整数）からなる複数のブロックと、隣接するブロック間に設けられかつ少なくとも前記画素の1個分の幅及び各ブロック内の隣接する画素間の距離を有する幅を有しかつ遮光する

5 境界部と、を有することを特徴とする。

#### 図面の簡単な説明

図1は、従来のホログラム記録再生システムを示す概略斜視図である。

図2は、従来の二次元空間光変調器の画素の最小パターン及びその組み合わせを説明する図である。

10 図3は、本発明による実施形態のホログラム記録担体の情報を記録又は再生するホログラム装置の概略構成を示すブロック図である。

図4は、本発明による実施形態のホログラム記録担体の情報を記録するための2次元変調を説明するための表の一部を示す図である。

15 図5は、本発明による実施形態のホログラム記録担体の情報を記録するホログラム装置の空間光変調器の概略を示す正面図である。

図6は、本発明による実施形態のホログラム記録担体の情報を記録するホログラム装置の空間光変調器の概略を示す拡大部分正面図である。

図7は、本発明による実施形態の空間光変調器における境界部のパターンを説明する図である。

20 図8は、本発明による実施形態の空間光変調器における変調データのパターンを説明する図である。

図9は、本発明による実施形態の空間光変調器における8ブロックを境界部B

Dを介して接続した変調データのパターンを説明する図である。

図10は、8ブロックを直接接続した空間光変調器における変調データのパターンを説明する図である。

図11は、種々オーバーサンプリングして再生エラー率を測定した2次元変調方法の比較実験結果を示すグラフである。

図12は、図11に示すグラフの凡例を説明する図である。

図13及び図14は、本発明による他の実施形態のホログラム記録担体の情報を記録するための2次元変調を説明するための表の一部を示す図である。

図15は、本発明による他の実施形態のホログラム記録担体の情報を記録するホログラム装置の空間光変調器の概略を示す正面図である。

図16は、本発明による他の実施形態のホログラム記録担体の情報を記録するホログラム装置の空間光変調器の概略を示す拡大部分正面図である。

図17は、本発明による他の実施形態のホログラム記録担体の情報を記録するための2次元変調を説明するための表の一部を示す図である。

図18～図21は、本発明による他の実施形態の空間光変調器におけるブロックを接続した変調データのパターンを説明する図である。

#### 発明を実施するための形態

以下に本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。

#### <ホログラム装置>

図3に、ホログラム記録担体の情報の記録及び／又は再生用のホログラム装置の一例を示す。

光源LDには、例えば近赤外レーザを用いる。参照光12の光路上には、シャ

ッタSHs、ビームエキスパンダBX、透過型の空間光変調器SLM、対物レンズ16が干渉用として配置されている。シャッタSHsはコントローラ32に制御され、記録媒体部への光ビームの照射時間を制御する。

5 ビームエキスパンダBXは、シャッタSHsを通過した参照光12の径を拡大して平行光線とし空間光変調器SLMに入射するように照射する。

マトリクス配置の複数画素を備える空間光変調器SLMは、エンコーダ25より供給されページデータを受けて、光を透過させる明又は光を遮る暗の画素を表示する。参照光は、データが表示されている空間光変調器SLMを通過すると光変調されて、データを含む信号光12aとなる。

10 対物レンズ16は、信号光12aのページデータをフーリエ変換するとともに、ホログラム記録担体11の記録媒体部10の装着位置の後方に焦点を結ぶように集光する。対物レンズ16により、シャッタSHsが開いたとき、信号光12a又は参照光12は記録媒体部10の入射面に所定入射角度例えば零度で照射される。空間光変調器SLMは、対物レンズ16の焦点距離に配置されている。

15 照射側光学系にビームスプリッタ15を追加して、ビームスプリッタ15により反射された再生波の結像位置に像検出センサ20を整列させ、入射光処理領域部Rが反射する再生波（再現された回折光）を参照光の光路から分岐して検出する構成となっている。

20 像検出センサ20は、対物レンズ16の焦点距離に配置され、電荷結合素子CCDや相補型金属酸化膜半導体装置などのアレイなどから構成される。

さらに、像検出センサ20にはデコーダ26が接続されている。デコーダ26はコントローラ32へ接続される。なお、あらかじめホログラム記録担体11に

第2感光材料の種類に対応した標識を付してある場合、ホログラム記録担体11がこれを移動させる支持部である可動ステージ60上に装着されると、コントローラ32は適当なセンサにより自動的にこの標識を読み取り、ホログラム記録担体11の移動制御や記録媒体部10に適した記録再生制御を行うこともできる。

- 5      記録は以下のように行われる。光源からの参照光は、空間光変調器SLMを透過すると、光変調されて信号光12a（0次光及び回折光）となり、対物レンズ16でフーリエ変換される。ホログラム記録担体11は記録媒体部10の後方に入射光を反射する入射光処理領域部Rを有している。入射光処理領域部Rはその一部に、入射光透過部R1を備えている。空間変調器SLMを透過した信号光の
- 10      0次光成分はフーリエ変換レンズである対物レンズ16の働きにより、対物レンズ16の焦点位置近傍に集光する。上記入射光透過部R1はこの位置に配置される。上記0次光成分は空間変調器SLMを透過した光の無変調成分であるので、ホログラム記録における参照光として機能する。このため、記録媒体部10内で
- 15      0次光及び回折光が光干渉パターンを形成し、その強度分布に応じて屈折率の変化などの回折格子として記録される。ホログラムの記録は記録媒体部10内での0次光と回折光の偏光面の方向が同一偏光成分間の干渉により行われる。

- 一方で、再生においては、空間光変調器SLMによって無変調の参照光（即ち0次光成分のみ）をそのまま記録媒体部10へ照射する。参照光が照射された記録媒体部10の入射側の反対側に設けられた入射光処理領域部Rに、記録された
- 20      信号光に対応した再生波（再現された回折光）が現れる。この再生波を対物レンズ16に導いて、逆フーリエ変換し、像検出センサ20が再生波によるドットパターン像の受光して、電気的なデジタルデータ信号に再変換した後、デコーダ2



6に送ると、元のデータが再生される。

参照光が照射された記録媒体部10からは上述の再生波以外に記録媒体内の回折格子に回折されなかった参照光成分も現れる。この参照光成分は0次光であるため、フーリエ変換レンズである対物レンズ16焦点位置に集光する。この0  
5 次光（即ち参照光成分）は入射光処理領域部Rに設けられた入射光透過部R1を透過する。一方、信号光の回折光は入射光処理領域部Rで反射される。したがって、記録された信号が選択されて対物レンズ16を介して像検出センサ20に導かれることになる。

さらに、図示しないが、対物レンズをサーボ制御するために、トラッキング及び  
10 ビフォーカスサーボのための光学系を付加できる。フォーカス及びトラッキングサーボ用のレーザ光源からのサーボレーザ光と信号光とをダイクロイックミラーで合流、分離し、例えば非点収差法、プッシュプル法により、フォーカスエラー及びトラッキングエラー信号を得ることができる（特開2001-273650号公報）。

15 記録すべきデータは、後述の2次元変調に従い光変調するために、例えば明画素と暗画素の2値に量子化された画像データとして空間光変調器に入力する。空間光変調器は、入力画像データに応じて、記録用レーザ光を2次元的に変調する。その後、例えばセルフカップリング方式（特願2002-225052号、特願2002-225053号）でホログラム記録担体の記録層内にホログラム  
20 （干渉縞）を記録する。

セルフカップリング方式の再生は、空間光変調器を無変調（全光透過の状態）にし、これを参照光として再生する。

### ＜2次元変調＞

2次元変調の一例では、情報データを6ビット単位で区切り、この6ビット毎を、所定の変調テーブル（図4にその一部を示す）を参照して9ビット（ $3 \times 3 = 9$ 画素）の変調データへ2次元変調する。

- 5 図4に示すように、6ビットに情報データ例えば（000000）（000001）（000010）（000011）（100100）（100101）（100110）（100111）を、光を透過させる明画素及び光を遮る暗画素のマトリクス配置された9ビット（9画素1ブロック）に2次元符号化する。6ビットの情報データが図4に示す所定の変調テーブルを参照して9ビットの変調データへ変換されるので、6：9変調と呼ぶ。

かかる2次元変調の手順は、第1段階として、例えば音声情報や画像情報などの入力情報データを6ビットごとのデータ列に区分する。第2段階として、所定の変調テーブルを参照して、入力された6ビットのデータ列を、9画素（9ビット）の2次元に配列した、明画素と暗画素の2値による画素データを出力する。

- 15 変調テーブルの作成方法を説明する。入力された6ビットは $2^6 = 64$ 通りである。一方、変調後は9ビットになるので、 $2^9 = 512$ 通りの中から、64通りを選択すればよい。選択の指針として、第1に変調後の明画素の数を一定とし、第2に明画素の3連続を避ける。1つのブロックにおいて $3 \times 3$ の9画素と9ビットとは1対1対応する。9画素の中から3個の明画素を選択し、他は暗画素とする組み合わせは、 $9C3 = 9 \times 8 \times 7 / (3 \times 2) = 84$ 通りである。この84通りから明画素の3連続する組み合わせを避けて、64通りを選択し、変調テーブルの作成する。すなわち、2次元変調は、6：9変調だけでなく、 $n:m$ 変
- 20

調が可能であり、記録すべきデータを $n$ ビット（ただし $n < m$ 、 $n = \text{整数}$ ）ごとにグループ化するステップと、グループ化された $n$ ビットごとに変調テーブルによりブロックごとに $m$ ビットデータとして割り当てる2次元変調を実行してページデータを生成するステップと、ページデータに応じて空間光変調器を駆動するステップと、を含む。 $n : m$ 変調の例は、 $2 : 4$ 変調が特開平9-197947号公報に、 $5 : 9$ 変調が特開2001-75463号公報に記載されている。

さらに、本実施形態では、図5に示す空間光変調器SLMのように、エンコーダ25が、その画素を、各々が隣接する $m$ 画素（ $m = 9$ ）からなる複数のブロックBKとなるように境界部BDで区画し、図6に示すように、少なくとも画素の1個分の幅 $P \times w$ 及び各ブロック内の隣接する画素間の距離 $P \times d$ の合計の幅SAMを有しかつ遮光する境界部BD（格子状の接続エリア）を、隣接するブロック間に設けるように、空間光変調器SLMを駆動する。

復調ステップにおいては、まず、ホログラム記録された1ページの画像の例えば4隅に置いてある画像の基準位置を示す基準位置マークを検出して、画像のサイズ、位置ずれ、歪みを補正する。補正した1ページの画像を等間隔に区切って、各変調ブロックに分けて、ブロック内の各画素の値から、所定の変換テーブルを逆にたどって復調する。

基準位置の検出は、基準位置マークとホログラム再生像の相関を、基準画像と再生像の相対位置を、ずらしながら順次求めてゆく。相関値が最大になった場所が、再生像の基準位置となる。

検出した基準位置に基づいて、再生像の幾何学補正（擬似アフィン変換）により、光学系の倍率調整ずれや媒体収縮、レンズ等による歪みなどを補正する。

そして、補正した1ページの画像を等間隔に区切って、各変調ブロックに分ける。

例えば、6:9変調であれば、各変調ブロック内の各画素の値が大きい上位3画素を白、他の画素を黒であると判断し、一旦9bitの2値化データに復調す

5 る。

次に、上記のの変換テーブルを逆にたどって9bitの2値化データから、元の情報データ6bitに復調する。

本案の変調ブロック間に隙間を開ける構造にすれば、ページあたりの容量をあまり減少させずに復調エラーが改善される。

## 10 <第1実施形態>

エンコーダ25 (コントローラ32でもよい) 内で実行される上記のページデータを生成するステップにおいて、ブロックごとに境界部のための境界部データを付加する。付加された境界部データはダミーデータとして、遮光する境界部BD (格子状の接続エリア) 形成のために用いられる。例えば、エンコーダ25が、

15 空間光変調器SLMの有効画素において、図7に示す8ブロックの境界部BDの変調データを生成し、これと図8に示す2次元変調された8ブロックの変調データを重畳するようにして (付加された境界部データは接続エリア (図8中の破線部分) のデータに置換されるようにして)、空間光変調器SLMを駆動する。これによって、予め暗画素による境界部BD (格子状の接続エリア) を設定し、その格子内に2次元変調された各ブロックを割り当てることができる。

具体的な変調手順としては、図4に示すような情報データ6bitと、変調データ9bitの変換テーブルを予めメモリなどに作成しておく。次に、1ページ

の変調データを記憶するためのページメモリをクリアする（空間光変調器 SLM 全画素を暗画素（境界部 BD を含む）に設定）。次に、図 5 に示すように、基準位置マークを 4 隅に書く。次に、情報データを変換テーブルにより変換した図 8 に示す変調ブロック間に隙間をあけるデータを、ページメモリに左上から順次に

5 書いてゆく。

図 9 に、本実施形態の場合の 8 ブロックを境界部 BD を介して接続したときの空間光変調器における変調データのパターンを示す。

比較例として、図 10 に、同様のデータの 2 次元変調後の各ブロックを単純に並べて接続して、8 ブロック分を接続した例を示す。図 10 の方法では、接続したブロックとブロックの境界が明確でないため、再生時に検出位置ずれによるデータ再生性能の劣化が起こる。検出位置ずれは、光学系の倍率調整ずれ、光軸のアライメントずれや、レンズの収差などによる像の歪みなど、いろいろな要因で発生し、全てをなくすことは不可能である。

ブロック接続後の図 9 と図 10 とを比較すると、単純にブロックを配列した図 10 では、ブロックの境界が画素間の距離しかないので明確でなく、位置ずれにより、隣接ブロックの明画素の影響を受けやすいことが分かる。一方、格子状の暗画素列の境界部 BD により、各ブロック間を接続した図 9 では、ブロック間の境界が、少なくとも 1 画素以上の暗画素で接続されるので、ブロック間の境界が明確となり、たとえ位置ずれが生じて、隣接ブロックの明画素の影響を受けにくい構成となる。

したがって、位置ずれが生じたときの再生性能の劣化が防止できる。具体的には、再生時のエラー数が減少し、再生エラー率特性が向上する効果を有する。

本実施形態の他の効果として、ブロック間の境界が、少なくとも 1 画素以上の暗画素で接続されるので、ブロックとブロックを跨ぐ明画素の連続を確実に防止することが可能となる。明画素の連続数を制限することが可能となるため、フーリエ変換後の空間周波数の低周波成分が抑圧され、記録層の回折効率の飽和が抑  
5 圧され、ホログラム記録担体に記録可能な多重度を向上させることが可能となり、記録容量が増大する効果を有する。また明画素の出現確率を低下させることができるので、多重記録時の既に記録済みのページを消去してしまう確率が減少し、多重度を向上させることが可能となり、記録容量が大きくなり好ましい。

図 1 1 に種々オーバーサンプリングして再生エラー率を測定した 2 次元変調  
10 方法の比較実験結果を示す。図 1 1 の横軸は、1 ページあたりの記録容量 (bits 容量/ページ) である。図 1 1 の縦軸は再生時のビットエラー率 (BER) である。

サンプル (1) の図 1 1 に示す三角の点は、2 次元変調後の空間光変調器の 1 画素を像検出センサの  $2 \times 2 = 4$  画素にオーバーサンプリングして測定した再生  
15 エラー率を示している。このとき、空間光変調器の 1 画素が像検出センサの 4 画素に相当し、図 1 2 のサンプル (1) に示すように空間光変調器の 1 ブロック (9 画素) あたりの像検出センサ 1 ブロックの画素数は  $4 \times 9 = 36$  画素である。空間光変調器では、ブロック同士は単純に接続、羅列して表示される。

サンプル (2) の図 1 1 に示す 4 角の点は、2 次元変調後の空間光変調器の 1  
20 画素を像検出センサの  $3 \times 3 = 9$  画素にオーバーサンプリングして測定した再生エラー率を示している。このとき、空間光変調器の 1 画素が像検出センサの 9 画素に相当し、図 1 2 のサンプル (2) に示すように空間光変調器の 1 ブロック

(9画素)あたりの像検出センサ1ブロックの画素数は $9 \times 9 = 81$ 画素である。空間光変調器では、ブロック同士は単純に接続、羅列して表示される。

- サンプル(3)の図11に示す丸の点は、2次元変調後、本実施形態の暗画素列(境界部BD)による格子状のブロック間接続を用い1ページを構成したとき、
- 5 空間光変調器の1画素を像検出センサの $2 \times 2 = 4$ 画素にオーバーサンプリングして測定した再生エラー率を示している。このとき、空間光変調器の1画素が像検出センサの4画素に相当し、図12のサンプル(3)に示すように、空間光変調器の1ブロック( $(3 \times 3) + 7 = 16$ 画素)あたりの像検出センサ1ブロックの画素数は、像検出センサの1ブロックあたりの画素数は、 $4 \times 9 + 13 =$
- 10  $49$ 画素である。空間光変調器の1ブロックに対応する像検出センサ1ブロックの外周部は境界部BDのための暗画素が必要がないので、像検出センサ1ブロックあたりの画素数を少なくできる。言い換えると、図12のサンプル(3)は、単純な $2 \times 2$ のオーバーサンプリングではなく、 $6:9$ 変調本体の空間光変調器の $3 \times 3 = 9$ 画素は、そのまま $2 \times 2$ のオーバーサンプリングし、像検出センサ
- 15 では $9 \times 4 = 36$ 画素となる。一方、空間光変調器の隣接ブロックとの境界部(黒塗り部)は、像検出センサの1画素分だけの幅に相当する、鉤状(「」型)の遮光部を、予め空間変調器に配置しておく。このとき、空間変調器上での鉤状(「」型)状の遮光部の幅は、空間変調器の画素を単位とすると、 $1/2$ 画素分となる。また、像検出センサ上での鉤状(「」型)の遮光部は、像検出センサでの画素を単位
- 20 とすると、 $6 \times 2 + 1 = 13$ 画素となる。

図11より、単位ページあたりのブロック数が記録容量に比例し、サンプルにおいて(1) > (3) > (2)の順に容量が大きく優れている。一方、再生エラ

一率 (BER) は、サンプルにおいて (2) < (3) < (1) の順に低く優れている。

本実施形態を実施したサンプル (3) の場合、記録容量と再生エラー率特性ともに中間的であるが、サンプル (1) に比較して大幅にエラー率が低下し、優れる。また本実施形態を実施したサンプル (3) の場合、サンプル (2) に比較して大幅に容量が増加しており優れているが、再生エラー率は少しの上昇に抑えられている。

以上より、図 11 に示す矢印で示した部分が本実施形態の効果を示している。

なお、オーバーサンプリングとは、記録時 (空間光変調器) の画素数に対して、再生時 (像検出センサ) の画素数を規定倍し、再生時の空間分解能を高くすることをいう。これにより、得られた再生像を幾何補正することかできる。2次元変調された2値化画像 (明画素と暗画素の2値) をオーバーサンプリングして再生する場合、一般的には、明画素、暗画素ともに等しい倍率でオーバーサンプリングを行う。オーバーサンプリングにより、極めて困難な画素マッチングを補償することができる。画素マッチングとは記録時の空間光変調器の1画素と再生時の像検出センサの1画素とを大きさ位置ともに完全に一致させることである。

### <第2実施形態>

この2次元変調例は、情報データの6ビット毎を、所定の変調テーブル (図13にその一部を示す) を参照して16ビット ( $(3 \times 3) + 7 = 16$  画素) の変調データへ2次元変調する。図13の変調テーブルにおいて6ビットに情報データ例えば (000000) (000001) (000010) (000011) (100100) (100101) (100110) (100111) を、明暗画素の



マトリクス配置された9ビット（9画素1ブロック）に、』鉤括弧状に暗画素列7画素を付加した新たなブロック（ $(3 \times 3) + 7 = 16$ 画素）を生成し、この新たなブロックを空間光変調器にて単純に羅列して、格子状の暗画素の列からなる境界部BDを含むページデータを作成する。

- 5 同様に、図14に『鉤括弧に暗画素を付加した新たなブロックを空間光変調器にて単純に羅列して、格子状の暗画素の列からなる境界部BDを含むページデータを作成するための変調テーブルの一部を示す。

- このように、いずれの上記実施形態においては、記録すべきデータをnビット（ただし $n < m$ 、 $n = \text{整数}$ ）ごとにグループ化し、グループ化されたnビットごとに  
10 変調テーブルによりブロックごとにmビットデータとして割り当てる2次元変調を実行するとともに、ブロックごとに境界部BDのための境界部データ（ダミー又は暗画素）を付加しページデータを生成する。

### ＜第3実施形態＞

- 上記の格子形成方法の例では、光を透過させる明又は光を遮る暗の画素を表示  
15 するマトリクス配置び複数画素を備える空間光変調器SLMを用いて、格子状の暗画素を挿入し、2次元変調後のブロックとブロックとを接続していく例を説明している。これに加え、特定形状の空間光変調器SLMを用いることができる。

- 例えば、図15に示すように、空間光変調器の画素を2次元変調の1ブロックBKと等しい画素数（又はその整数倍）ごとに区分し、予め区分した空間光変調  
20 器のブロックBK間を格子状に距離をおいて配置して他を遮光する境界部BDの構造としてもよい。すなわち、図16に示すように、空間光変調器は、各々が隣接するm画素（ただし $m = \text{整数}$ ）からなる複数のブロックと、隣接するブロッ

ク間に設けられかつ少なくとも像検出センサの画素の1個分の幅及び各ブロック内の隣接する画素間の距離を有する幅を有しかつ遮光する境界部と、を有するこのようにすると、空間光変調器の画素数を増加させずに、格子状の暗画素部分が形成できるというメリットがある。さらに、格子部分は空間変調する必要がなくなり、駆動回路などを配置できるという副次的な効果を奏する。

- オーバーサンプリングして再生する場合、例えば $2 \times 2$ 倍のオーバーサンプリングをする場合、像検出センサの1画素幅は、空間光変調器の $1/2$ 画素幅となる。このとき、空間光変調器の境界部BDとして必要な幅は、空間光変調器のブロックBKの1画素幅の $1/2$ を単位とした整数 $k$ 倍となる。これを一般化すると、 $n \times n$  ( $n$ は整数) 倍のオーバーサンプリングして再生する場合、空間光変調器の境界部BDとして必要な幅は、空間光変調器のブロックBKの1画素幅の $1/n$ を単位とした整数 $k$ 倍が好適となる。

#### <第4実施形態>

- 2次元変調された2値化画像（明画素と暗画素の2値）をオーバーサンプリングして再生する場合、一般的には、明画素、暗画素ともに等しい倍率とする。

- 一方、本実施形態の他の実施例のホログラム記録用2次元変調方法では、記録時に、オーバーサンプリングに類似した変換を実施する。すなわち、このホログラム記録用2次元変調方法では、明画素と暗画素とのオーバーサンプリングの扱いを同一としない点に特徴があり、以下の説明では、非線形オーバーサンプリングとよぶことにする。

2次元変調して非線形オーバーサンプリングするときに、1暗画素はそのまま拡大（規定倍の暗画素数）する一方で、1明画素は、そのまま明画素として拡大

するのではなく、明画素と暗画素の組み合わせの画素数とする。更に、非線形オーバーサンプリング中に、ブロックとブロックの境界を明確にするために、1明画素を、ブロックの外側が暗画素になるように明画素と暗画素の組み合わせの画素数とする。

- 5 非線形オーバーサンプリングの一例を比較例とともに図17を参照して説明する。

非線形オーバーサンプリングの2次元変調の第1段階は、変調前の情報データを6ビット単位で区切る。変調の第2段階は、6ビットの一次元データを $3 \times 3 = 9$ 画素（9ビット）の2次元データ（1ブロックあたり）に変調する。

- 10 変調の規則として、1ブロック中の明画素の数を3画素とする。9個の中から3個を選択する組み合わせ ${}^9C_3 = 9 \times 8 \times 7 / (3 \times 2) = 84$ 通りの中から、 $2^6 = 64$ 個の組み合わせを予め選んでおく。したがって、6ビットの情報データが9ビットの変調データに変換される（6：9変調）。変調前の1ブロックの画素数は $3 \times 3 = 9$ 画素となる。変調後の1画素を $2 \times 2 = 4$ 画素に規定倍する。

- 15 非線形オーバーサンプリングの基本的な規則として、以下（1）～（3）に従う。

（1）1画素を $2 \times 2$ のマトリクス配置の4画素にする。

（2）1個の暗画素は、4個の暗画素、単純に $2 \times 2$ のマトリクス配置の4画素にする。

（3）一方、1個の明画素は2個の暗画素と、2個の明画素の組み合わせとする。

- 20 図17に示すように、オーバーサンプリング後の画素数は、1ブロックあたり、 $9 \times 4 = 36$ 画素となる。図17は、比較例として単純なオーバーサンプリング（図中央）と、本実施形態の非線形オーバーサンプリングを同時に示している。

単純なオーバーサンプリングでは、オーバーサンプリング前の 1 個の暗画素と明画素は、それぞれ、4 個の暗画素と 4 個の明画素に規定倍される。一方、本実施形態の非線形オーバーサンプリングでは、1 個の暗画素は 4 個の暗画素に単純にオーバーサンプリングされるが、1 個の明画素は 2 個の暗画素と 2 個の明画素に非線形に変調される。したがって、変調後の 1 ブロックあたりの明画素の数が、単純なオーバーサンプリングと、本実施形態の非線形オーバーサンプリングとで異なる値となる。具体的には、単純なオーバーサンプリングでは 36 画素中 12 画素が明画素となるが、本実施形態の非線形オーバーサンプリングでは、36 画素中 6 画素が明画素となり、1 ブロックあたりの明画素数が半減する。

- 10 図 18 は、或る情報データが  $3 \times 3$  のマトリクス配置の 9 画素に 2 次元変調データになされた場合であって、各ブロック 9 画素において外側の辺の中央画素（4 隅又は内側を除く画素）が明画素のときの場合を示す。この場合、 $6 \times 6$  ブロック中央画素中心に明画素 2 個を寄せるように、非線形オーバーサンプリングする。かかる同一の 4 ブロックが空間光変調器に表示された状態においても、ブロック間にストライプ状の暗画素が入るので、ブロック間のクロストークの減少やブロック間の境界が明確化される。

- 20 図 19 は、或る情報データが  $3 \times 3$  のマトリクス配置の 9 画素に 2 次元変調データになされた場合であって、各ブロック 9 画素において明画素がブロックの 4 隅に位置している場合を示す。この場合、 $6 \times 6$  ブロック中央の縦又は横列画素中心に明画素 2 個を寄せるように、非線形オーバーサンプリングする。かかる同一の 4 ブロックが空間光変調器に表示された状態において、ブロック間の縦又は横にストライプ状の暗画素が入るので、縦又は横のいずれかブロック間のクロス

トークの減少やブロック間の境界が明確化される。

図20は、上記同様に明画素がブロックの4隅に位置している場合であって、各ブロックの外側（隣接する他のブロックに接触する部分）が暗画素になるべく非線形オーバーサンプリング様子を示す。ブロック4隅の明画素がある場合に  
5 いては、いくつかの場合が考えられる。

図20(A)の縦の暗画素ストライプ形成（境界部BD）を重視する方法では、4隅の画素との相違を明確にし符合間距離をとるには、ブロック4隅では縦長の明画素列にする。

図20(B)の横の暗画素ストライプ形成（境界部BD）を重視する方法では、  
10 4隅の画素との相違を明確にし符合間距離をとるには、ブロック4隅では横長の明画素列にする。

図20(C)の縦横どちらのストライプ形成（境界部BD）も均等に重視する方法では、4隅及び辺の中央との区別をより明確にするため、中央を斜めの明画素パターンとし、変調前のMSB（Most Significant Bits）又はLSB（Least  
15 Significant Bits）の値などで斜めの変化させ、左斜めと右斜めの出現確率をほぼ等しくする。

図21は、6ビットに情報データ例えば(010010)(000001)(000000)を、マトリクス配置された9ビット（9画素／ブロック）に非線形オーバーサンプリングする場合を比較例（単純なオーバーサンプリング）とともに  
20 に示す。図示するように、単純なオーバーサンプリングではブロックの境界が判別しにくい、実施形態ではブロックの境界の判別が容易になる。

上記の実施形態例は、6：9変調で変調後 $3 \times 3 = 9$ 画素となる例を用いて、

説明したが、さらに、1ブロックあたりの明画素が3個の例を示したが明画素4個であってもよいし、明画素2個であってもよい。また、変調後 $4 \times 4 = 16$ 画素が1ブロックとなってもよい。 $n$ 個のビットが $m$ 画素の2次元的に配置されたブロックに変換されればよい。

- 5      また、今までの例では、2値（明画素、暗画素）に量子化される例を示したが、2値以外に、例えば、文献、Brian M, King, Geoffrey W, Burr, and Mark A, Neifeld “Experimental demonstration of gray-scale sparse modulation codes in volume holographic storage” , APPLIED OPTICS Vol. 42., No14/10 May 2003 p2546-p2559 に、明画素と暗画素と灰色画素の3値で変調する研究例がある。

- 10    本実施形態は、この文献のような3値での変調にも有効である。

本実施形態によれば、2次元変調されたブロックとブロックとを接続して、空間変調された1ページ分の変調画素を得る時に、ブロックとブロックとの境界を、暗画素で変調する確率を高くすることによって、2値（明画素、暗画素）又は3値（明画素、グレイ画素、暗画素）に量子化した画素を2次元的に変調し、記録

- 15    し、再生時に復調するシステム、例えば、物体光と参照光との干渉パターンを記録再生するホログラフィックデータ保存システムに活用できる。

## 請求の範囲

1. 複数の画素が2次元的に配置された空間光変調器を介してページデータを含む可干渉光を生成するホログラム記録用2次元変調方法であって、前記空間光変調器の画素を、各々が隣接する $m$ 画素（ただし $m$ =整数）からなる複数のブロックとなるように区画し、少なくとも、前記空間光変調器の画素1個分の若しくは記録されたページデータの再生に用いる像検出センサの画素1個分に相当する幅及び各ブロック内の隣接する画素間の距離を有する幅を有しかつ遮光する境界部を、隣接するブロック間に設けることを特徴とするホログラム記録用2次元変調方法。

2. 記録すべきデータを $n$ ビット（ただし $n < m$ 、 $n$ =整数）ごとにグループ化するステップと、グループ化された $n$ ビットごとに変調テーブルにより前記ブロックごとに $m$ ビットデータとして割り当てる2次元変調を実行してページデータを生成するステップと、前記ページデータに応じて前記空間光変調器を駆動するステップと、を含み、前記ページデータを生成するステップにおいて、前記ブロックごとに前記境界部のための境界部データを付加することを特徴とする請求項1記載のホログラム記録用2次元変調方法。

3. 前記境界部を設けるための境界部用ページデータを生成するステップを含み、前記境界部用ページデータ及び2次元変調されたデータを重畳して前記空間光変調器を駆動することを特徴とする請求項2記載のホログラム記録用2次元変調方法。

4. 前記空間光変調器の画素の各々を複数の副画素で構成するとともに、光

を遮るべき画素に対して当該画素のすべての副画素を遮光状態にし、光を透過させるべき画素に対して当該画素の一部の副画素を遮光状態にかつ残りの副画素を光透過状態にし、前記光を透過させるべき画素が前記隣接するブロックに隣接する場合に、当該画素の前記遮光状態の副画素を、前記境界部の一部を構成

- 5    するように前記隣接するブロック間に配置することを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録用 2 次元変調方法。

5.    複数の画素が 2 次元的に配置された空間光変調器を備え、前記空間光変調器を介して記録すべきページデータを含む可干渉光をホログラム記録担体に照射して、該可干渉光による光学干渉パターンを回折格子として情報を記録する

- 10    ホログラム装置であって、

前記空間光変調器は、各々が隣接する  $m$  画素（ただし  $m = \text{整数}$ ）からなる複数のブロックと、隣接するブロック間に設けられかつ、少なくとも、前記空間光変調器の画素 1 個分の若しくは記録されたページデータの再生に用いる像検出センサの画素 1 個分に相当する幅及び各ブロック内の隣接する画素間の距離を有する幅を有しかつ遮光する境界部と、を有することを特徴とするホログラム装置。

- 15

6.    前記境界部として連続した複数の遮光状態の画素を表示するように前記空間光変調器を駆動する境界生成部を有することを特徴とする請求項 5 記載のホログラム装置。

7.    前記境界生成部は、記録すべきデータを  $n$  ビット（ただし  $n < m$ 、 $n =$  整数）ごとにグループ化し、グループ化された  $n$  ビットごとに変調テーブルにより前記ブロックごとに  $m$  ビットデータとして割り当てる 2 次元変調を実行してページデータを生成し、前記ページデータに応じて前記空間光変調器を駆動する

- 20



とともに、前記ページデータを生成する際に、前記ブロックごとに前記境界部のための境界部データを付加することを特徴とする請求項 6 記載のホログラム装置。

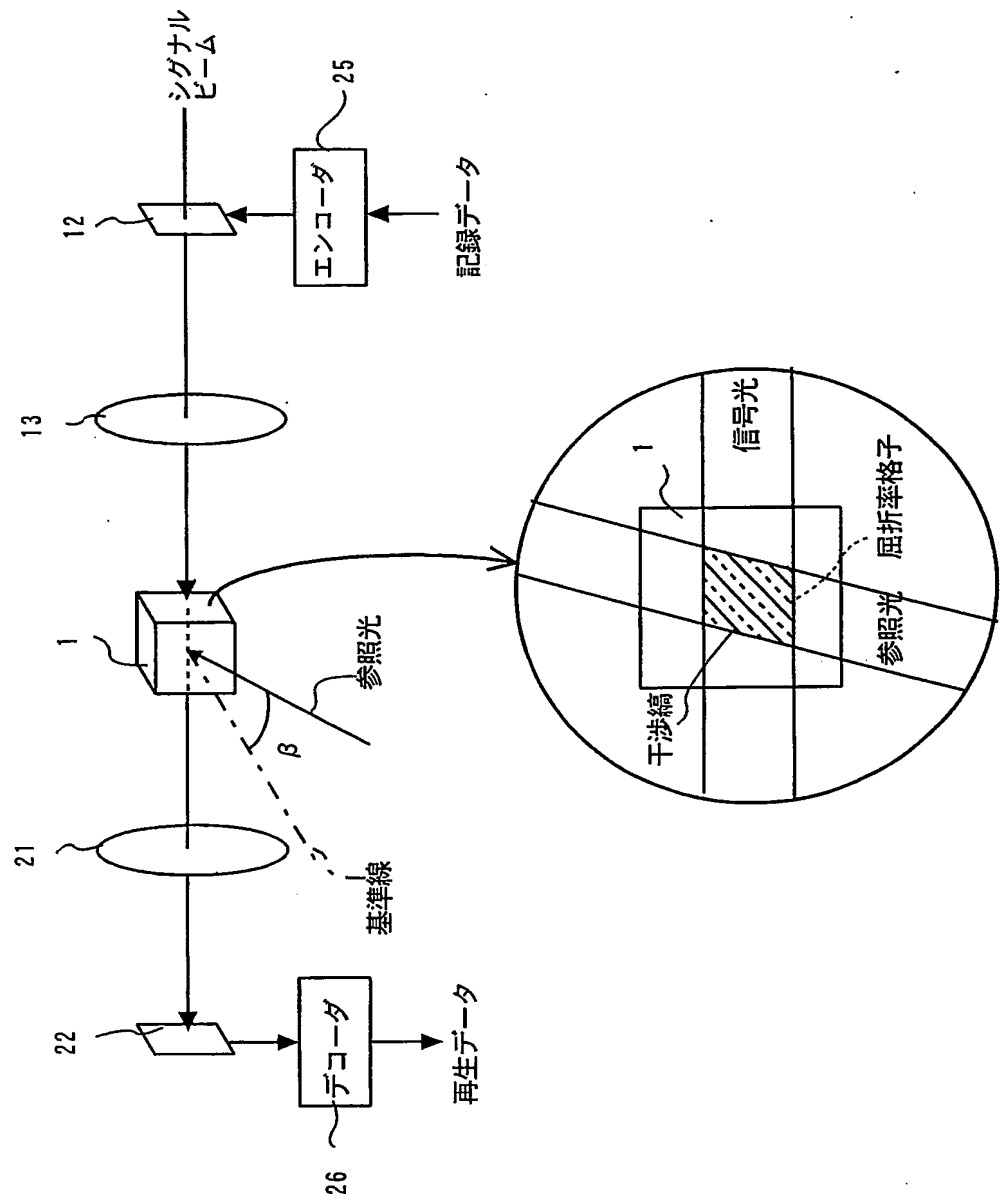
5 8. 前記境界生成部は、前記境界部を設けるための境界部用ページデータを生成し、前記境界部用ページデータ及び 2 次元変調されたデータを重畳するように前記空間光変調器を駆動することを特徴とする請求項 7 記載のホログラム装置。

10 9. 前記境界生成部は、前記空間光変調器の画素の各々を複数の副画素で構成するとともに、光を遮るべき画素に対して当該画素のすべての副画素を遮光状態になし、光を透過させるべき画素に対して当該画素の一部の副画素を遮光状態にかつ残りの副画素を光透過状態になし、前記光を透過させるべき画素が前記隣接するブロックに隣接する場合に、当該画素の前記遮光状態の副画素を、前記境界部の一部を構成するように前記隣接するブロック間に配置するように、前記空間光変調器を駆動することを特徴とする請求項 6 記載のホログラム装置。

15 10. 前記境界部は、前記空間光変調器の遮光部として予め形成されていることを特徴とする請求項 5 記載のホログラム装置。

11. 前記予め形成された前記空間光変調器の遮光部に、前記空間光変調器の駆動回路の少なくとも一部が配置されていることを特徴とする請求項 10 記載のホログラム装置。

図 1



2/20

図 2

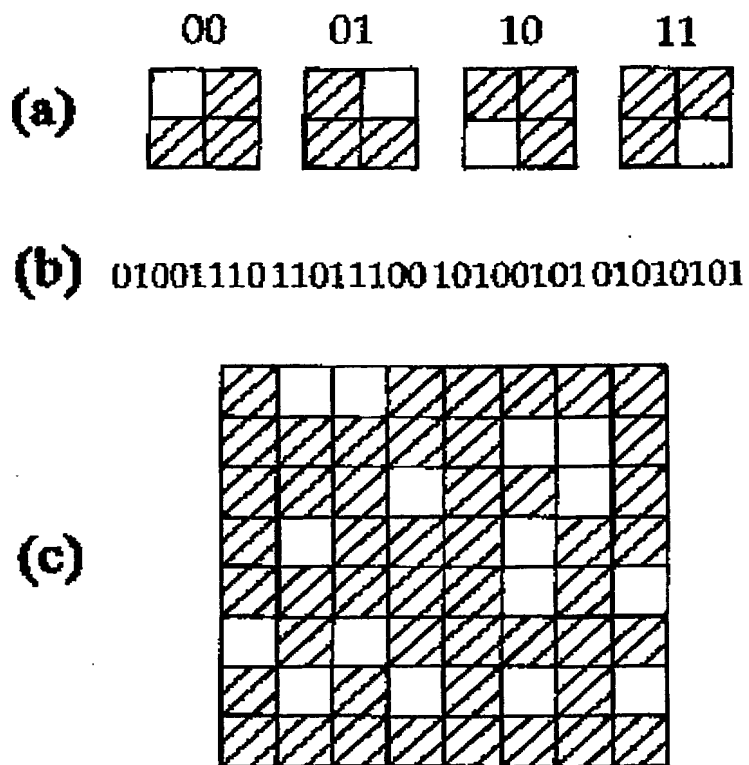
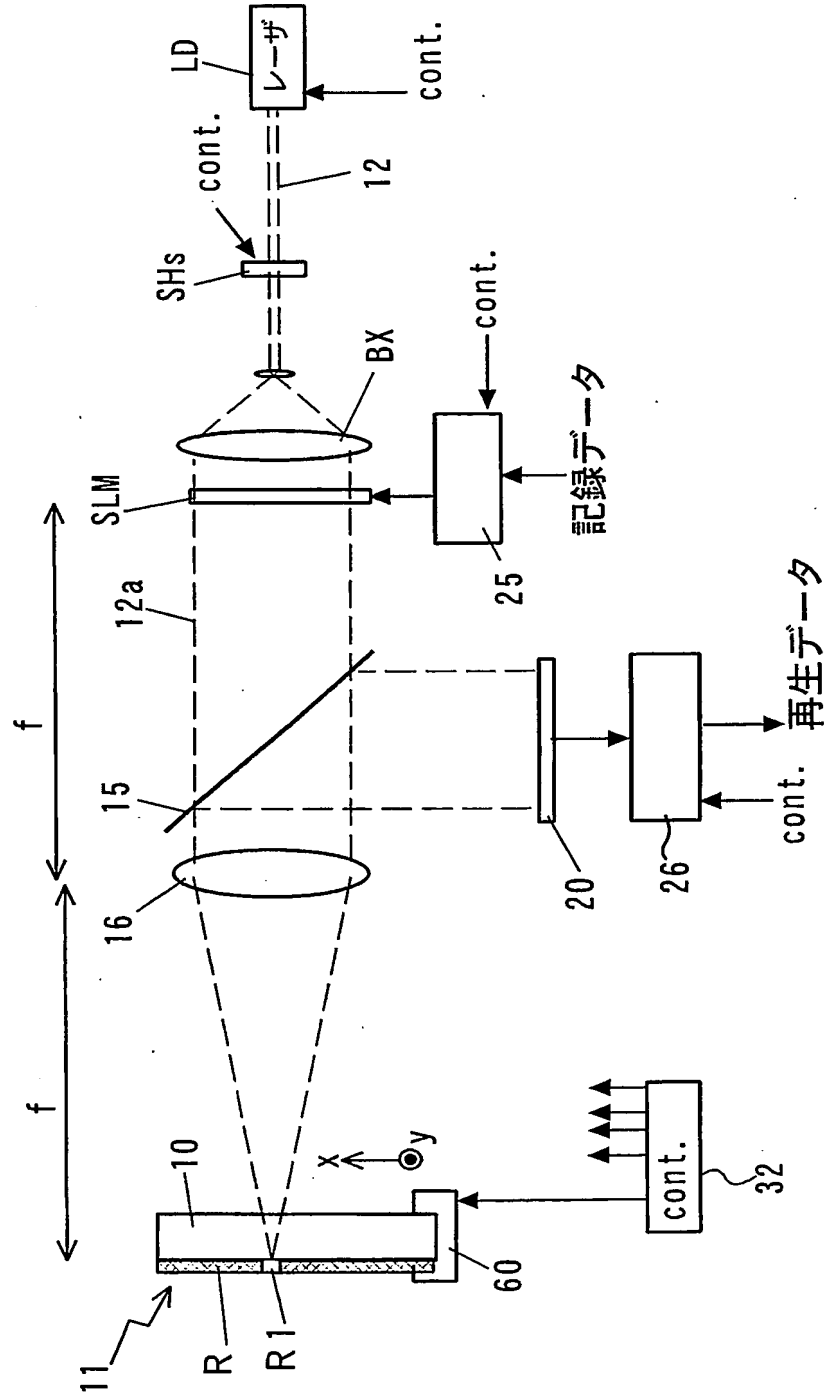

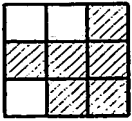
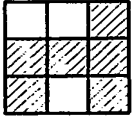

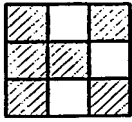
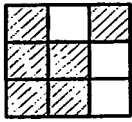

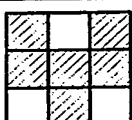


図3



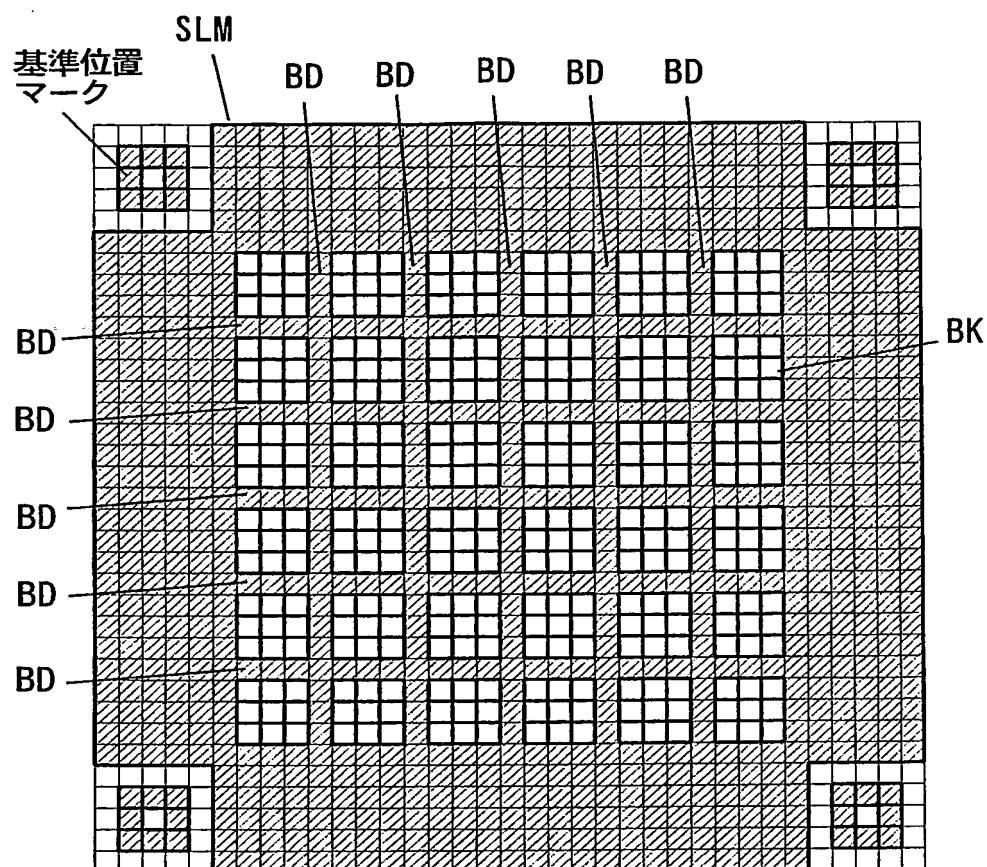
4/20

図 4

情報データ 6ビット	二次元変調 (6:9変調)	変調データ 9ビット (9画素)
000000	→	110001000 
000001	→	110000100 
000010	→	110000010 
000011	→	110000001 
100100	→	010001010 
100101	→	010001001 
100110	→	010000110 
100111	→	010000101 
⋮		

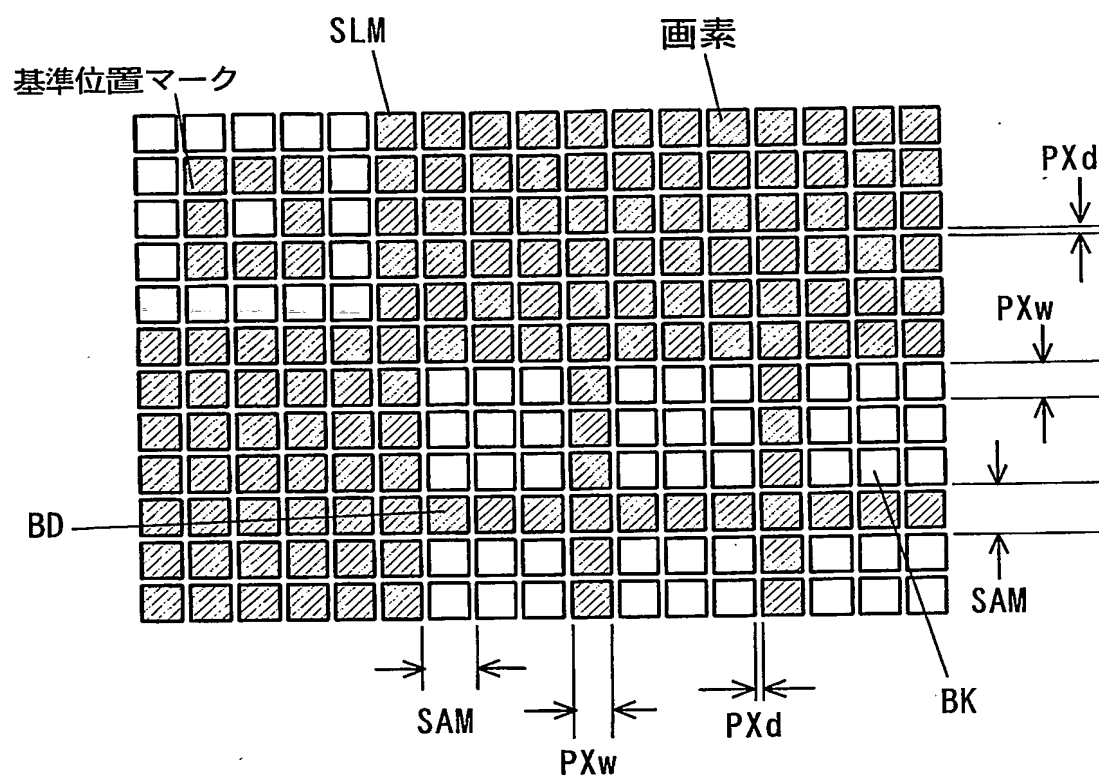
5/20

図 5



6/20

図 6



7/20

図 7

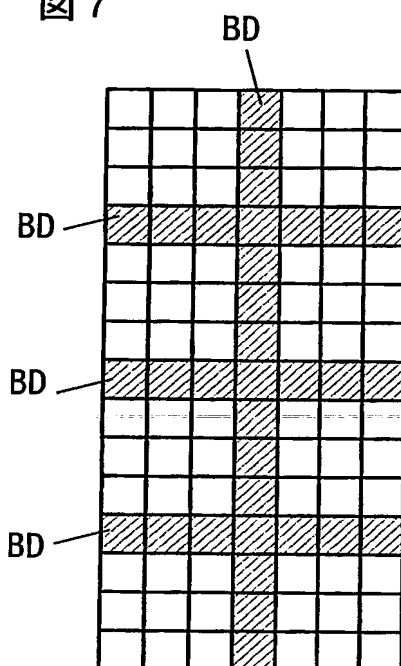


図 8

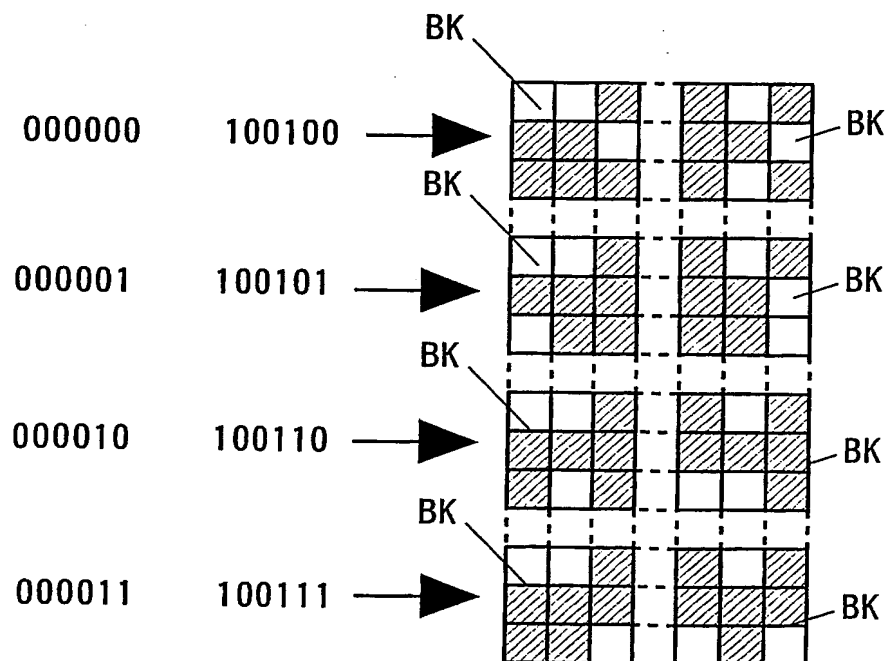
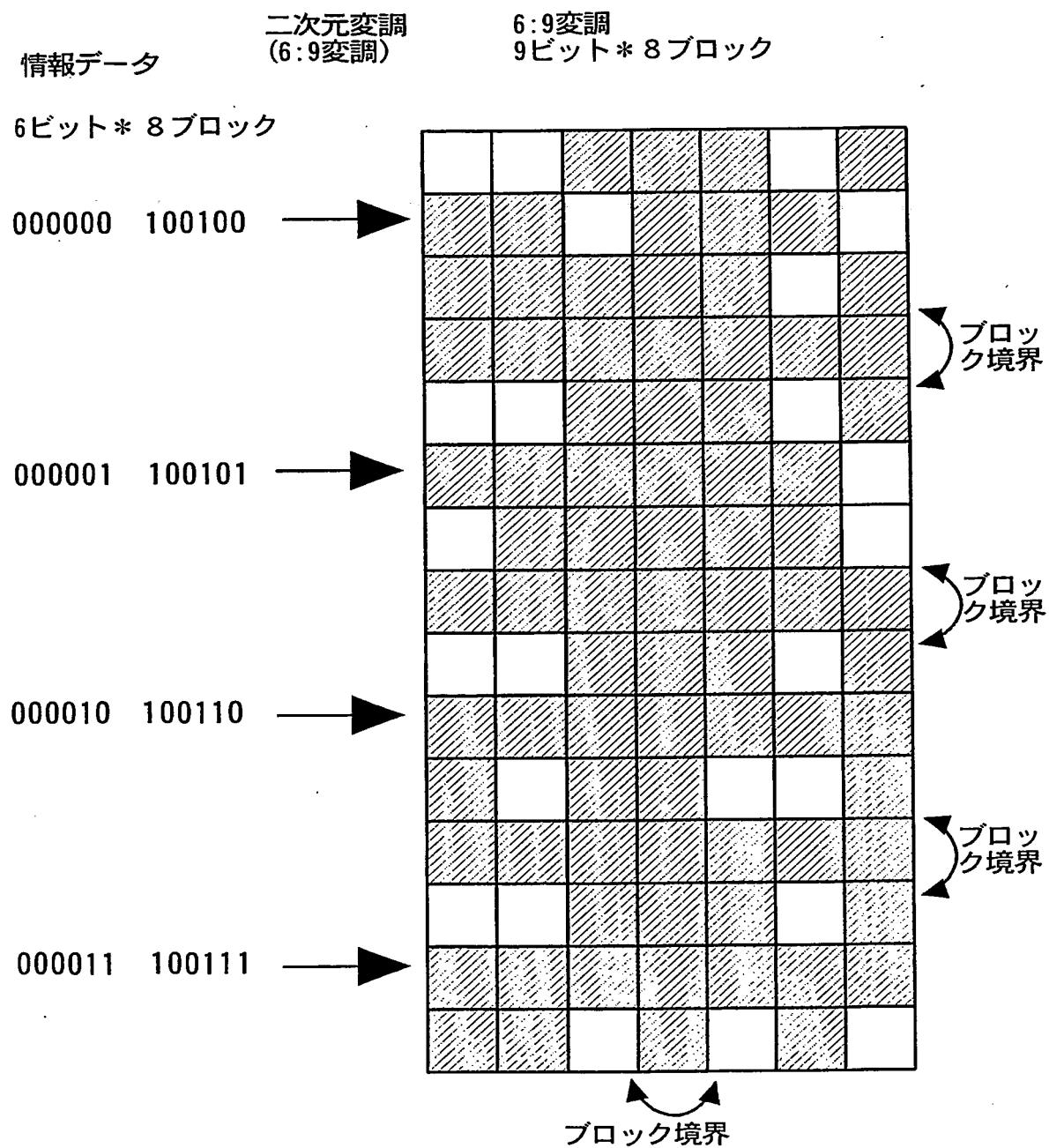


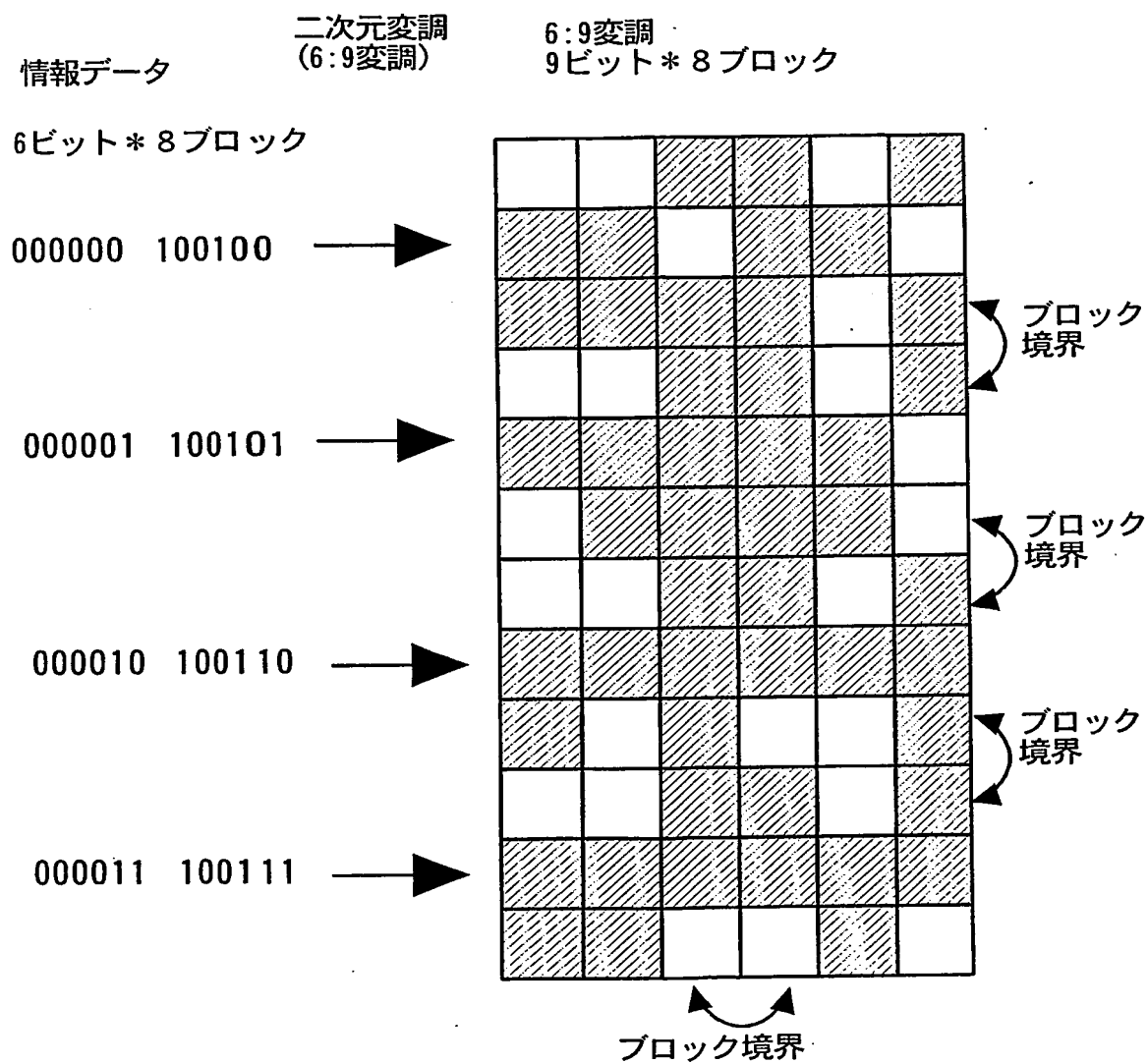


图 9



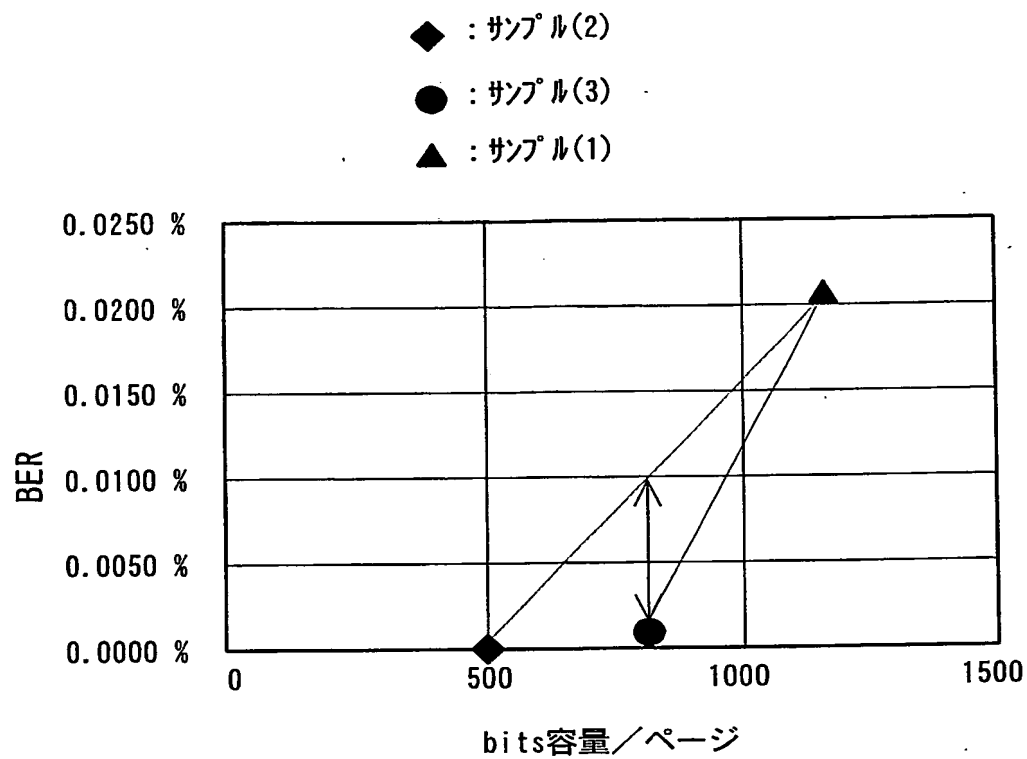
9/20

図 10



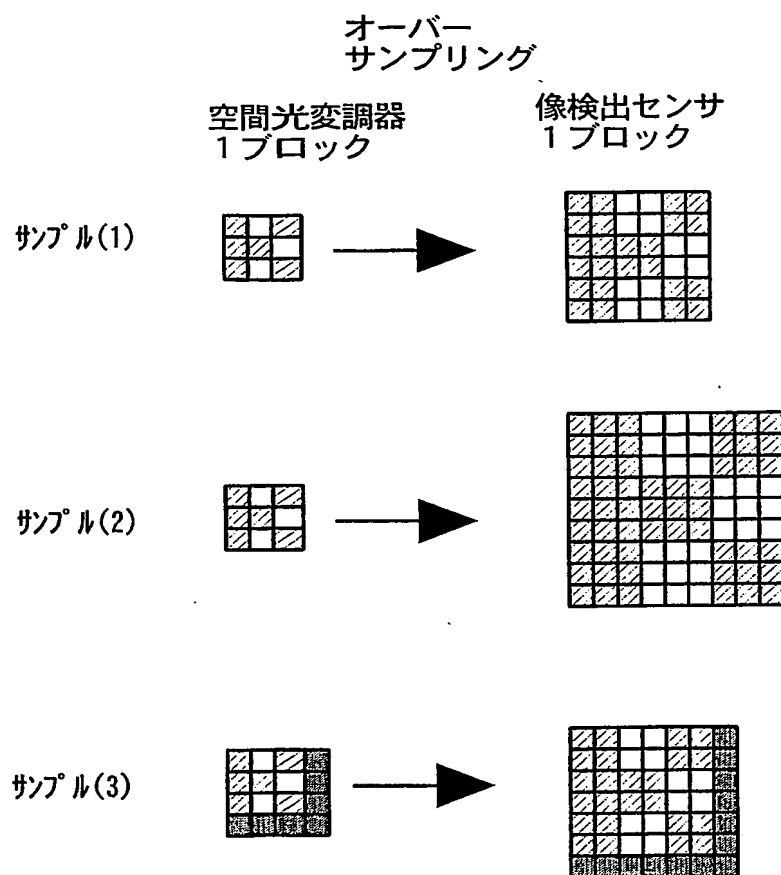
10/20

図 1 1



11/20



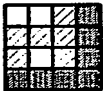





図 1 2



12/20

図 1 3

」 状暗画素列の付加による格子接続

情報データ 6ビット	二次元変調 (6:9変調)	変調データ 9ビット (16画素)
000000	→	
000001	→	
000010	→	
000011	→	
100100	→	
100101	→	
100110	→	
100111	→	
⋮		

13/20

図 1 4

「状暗画素列の付加による格子接続






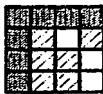


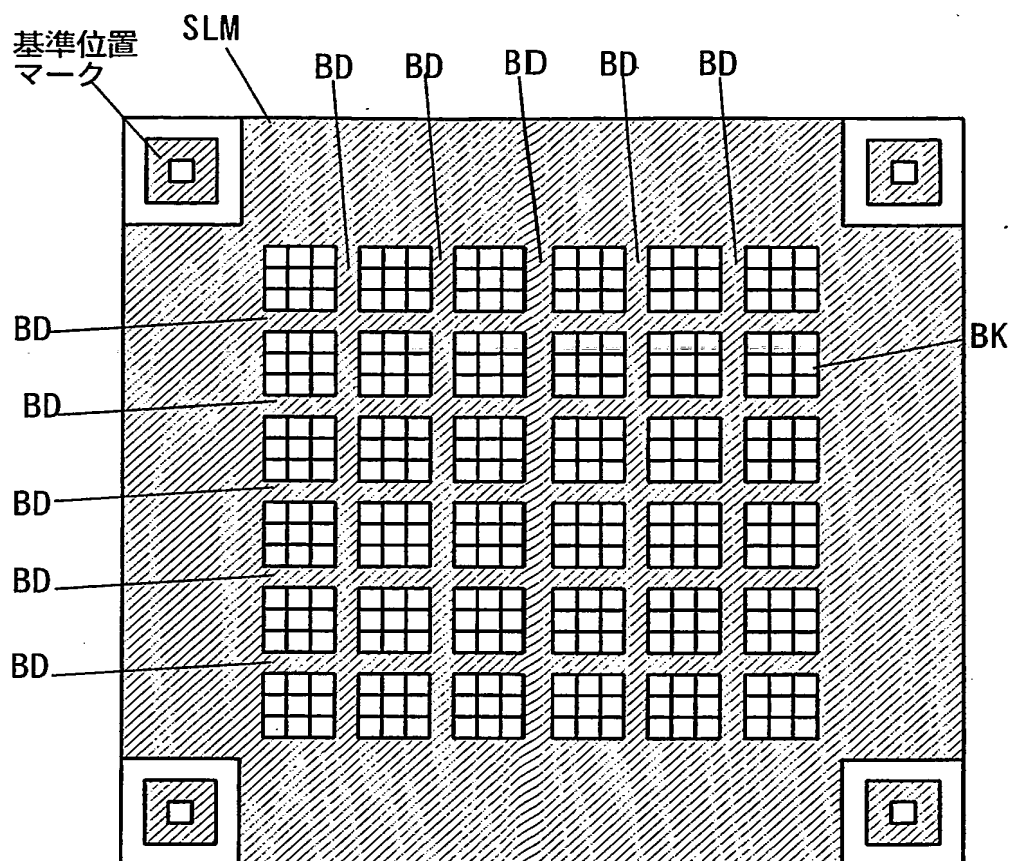
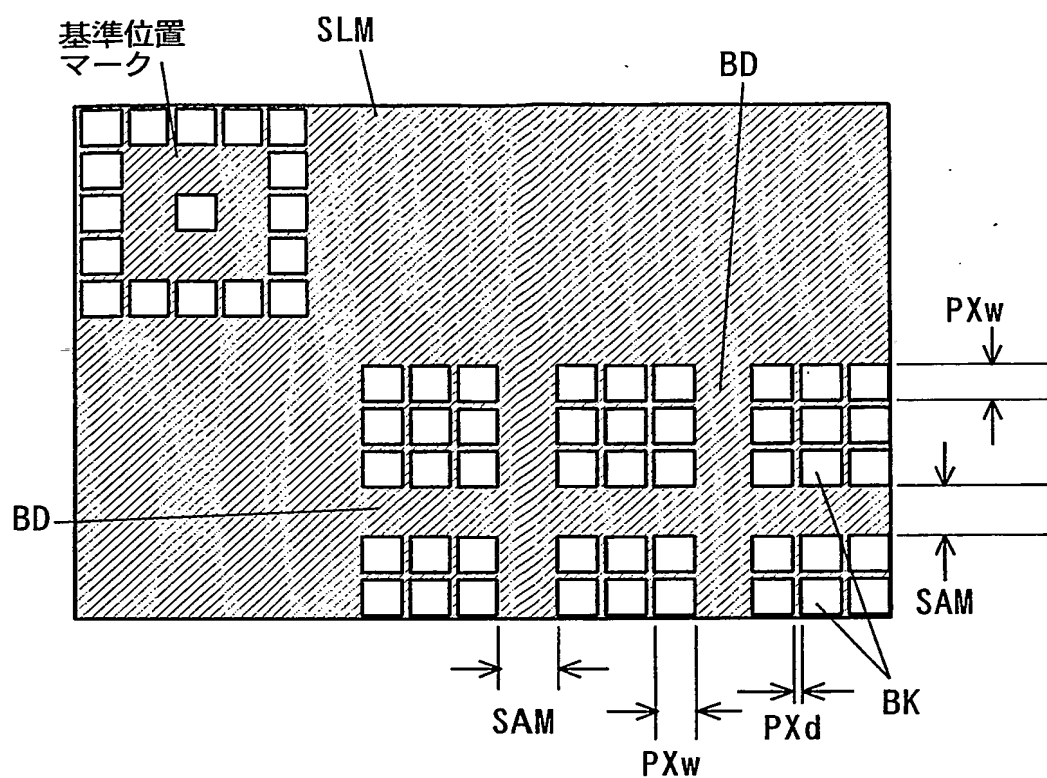
情報データ 6ビット	二次元変調 (6:9変調)	変調データ 9ビット (16画素)
000000	→	
000001	→	
000010	→	
000011	→	
100100	→	
100101	→	
100110	→	
100111	→	
⋮		

図 15



15/20

図 1 6





16/20

図 1 7

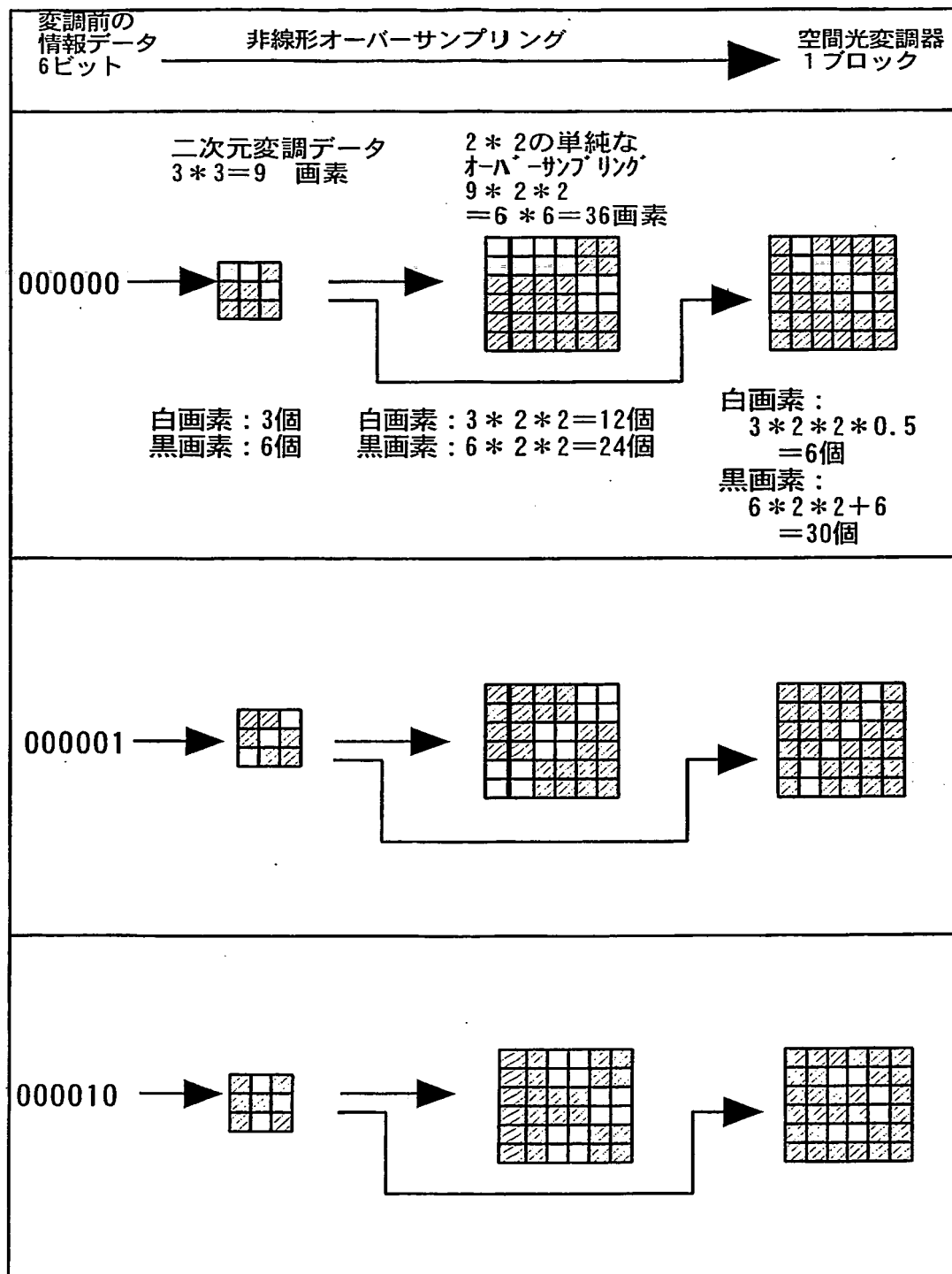


图 18

## 非線形オーバーサンプリング

二次元変調データ  
4ブロック(白画素が4隅以外)  
(3\*3)\*4=36画素

空間光変調器  
4ブロック  
(6 \* 6) \* 4 = 144画素

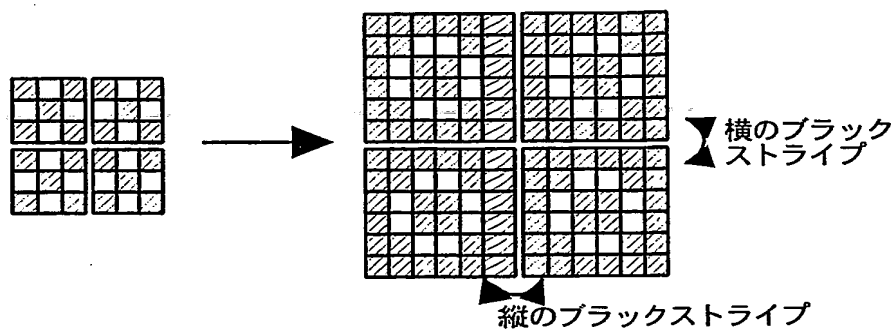


図 1 9

## 非線形オーバーサンプリング

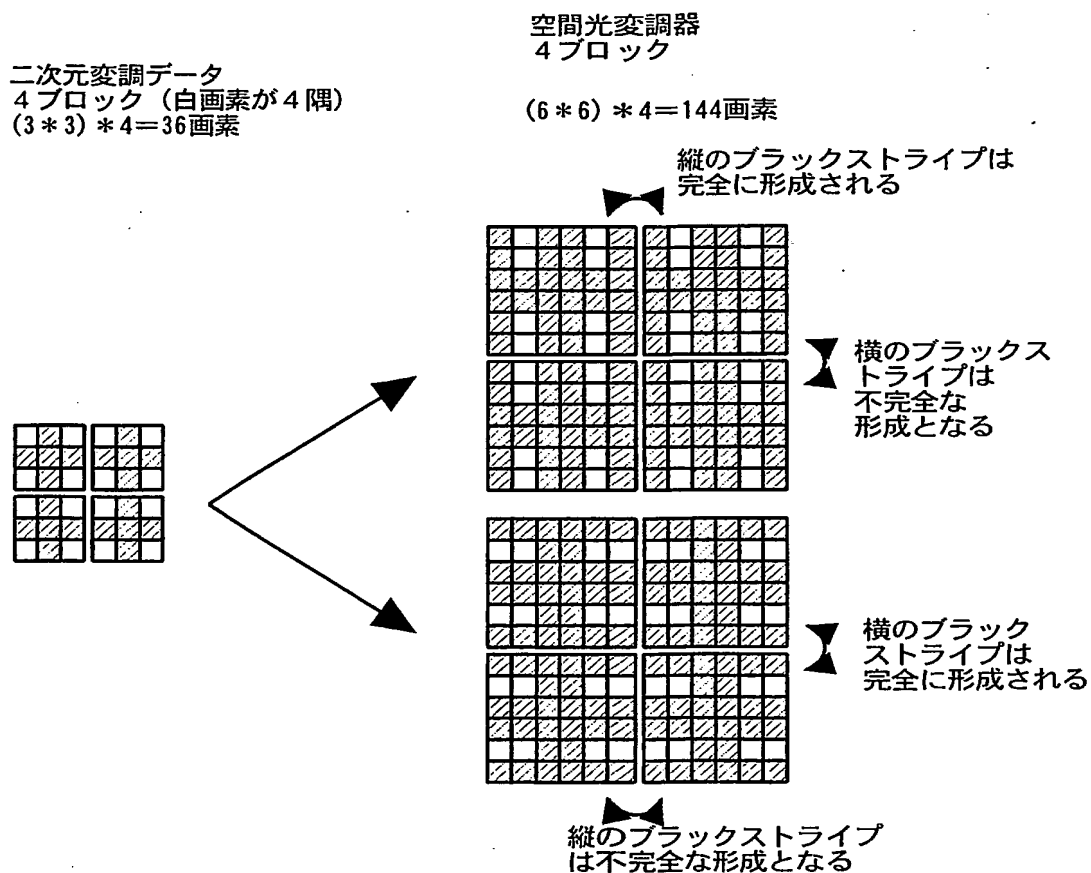
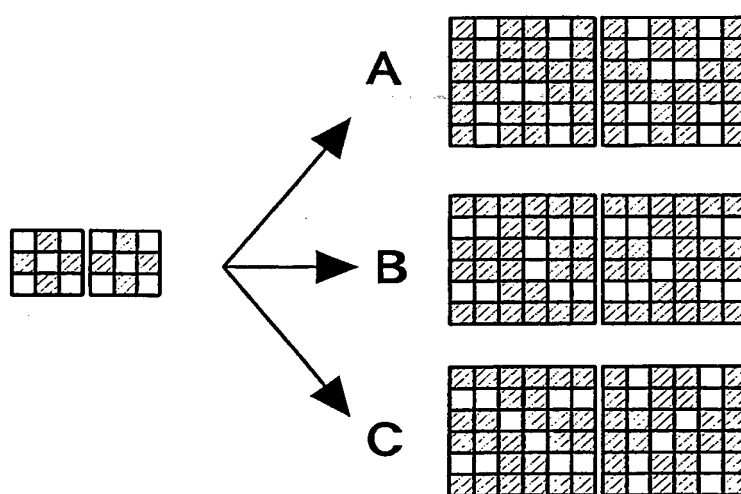


図 20

## 非線形オーバーサンプリング

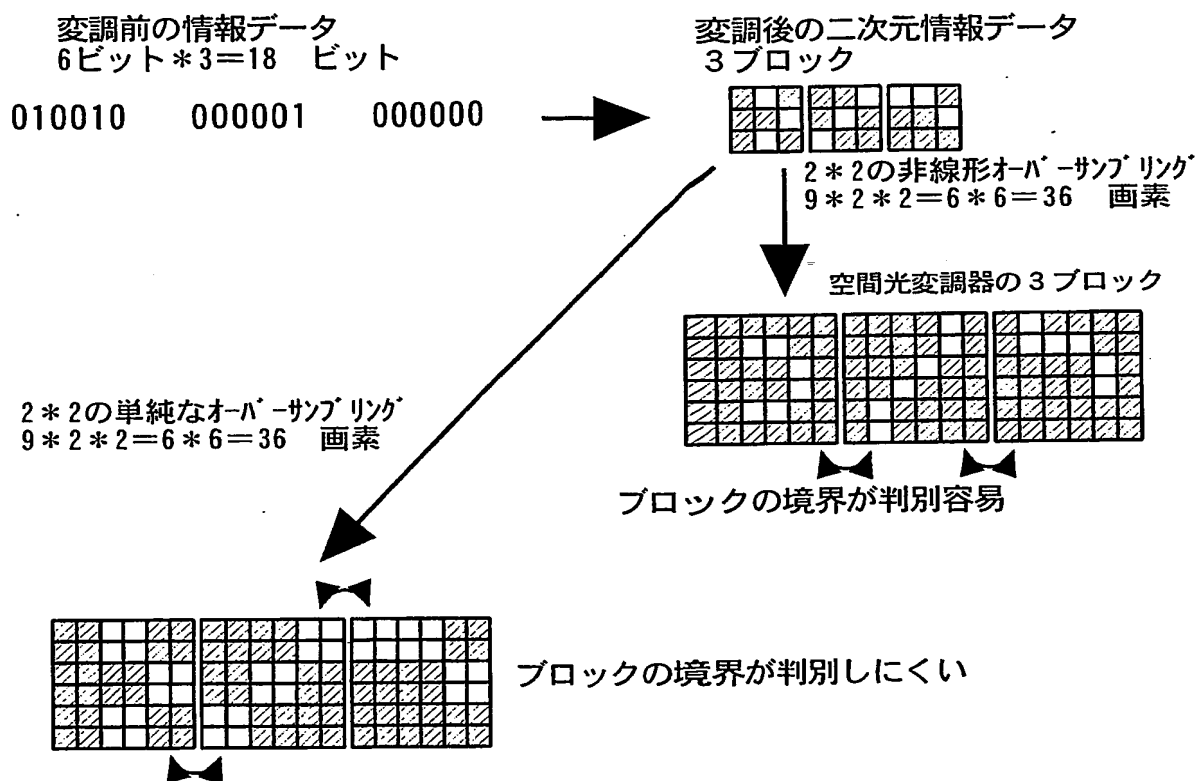
二次元変調データ  
2ブロック（白画素が4隅）

空間光変調器  
2ブロック



20/20

図 2 1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/005076

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G11B7/0065, 7/135, G03H1/02, 1/12, 1/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G11B7/0065, 7/135, G03H1/02, 1/12, 1/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 49-3646 A (Fujitsu Ltd.), 12 January, 1974 (12.01.74), Full text; Figs. 1 to 2 (Family: none)	1-11
A	JP 2000-123133 A (Victor Company Of Japan, Ltd.), 28 April, 2000 (28.04.00), Full text; Figs. 1 to 24 (Family: none)	1-11
P, A	JP 2005-31560 A (Sony Corp.), 03 February, 2005 (03.02.05), Full text; Figs. 1 to 13 (Family: none)	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
08 July, 2005 (08.07.05)

Date of mailing of the international search report  
26 July, 2005 (26.07.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G11B 7/0065, 7/135, GO3H 1/02, 1/12, 1/26

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G11B 7/0065, 7/135, GO3H 1/02, 1/12, 1/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 49-3646 A (富士通株式会社) 1974. 01. 12 全文, 第1-2図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2000-123133 A (日本ビクター株式会社) 2000. 04. 28 全文, 図1-24 (ファミリーなし)	1-11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08. 07. 2005

国際調査報告の発送日

26. 7. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

五賀 昭一

5D

9368

電話番号 03-3581-1101 内線 3550

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, A	JP 2005-31560 A (ソニー株式会社) 2005.02.03 全文, 図1-13 (ファミリーなし)	1-11